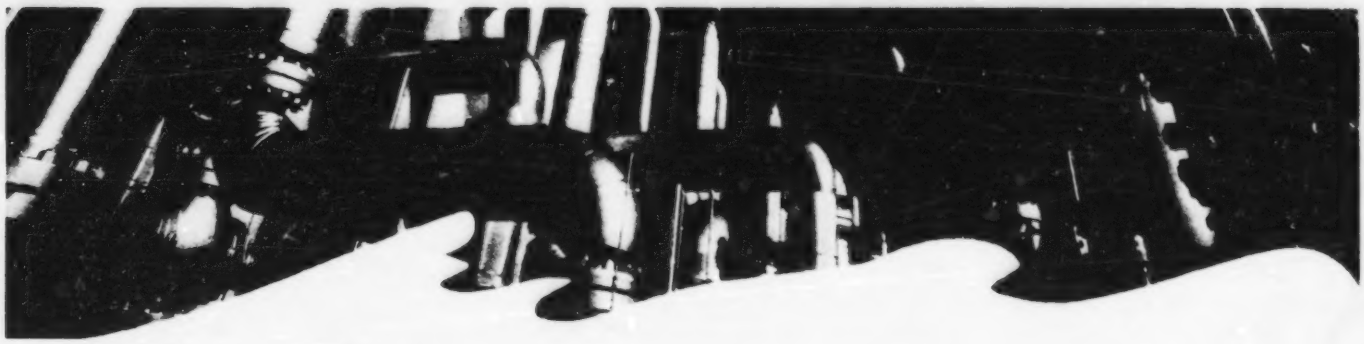


St. Lawrence TECHNOLOGIES

ABSTRACT

The past ten years have seen considerable sums devoted to the development of bacterial colonies and specialized nutritional additives in an attempt to improve the performance of industrial processes in bioreactors. However, the return from these bioreactors generally rests on empirical concepts regarding the operations and their efficiency is therefore difficult to predict.

The SmartSoil™ technology deals with this problem by offering platform operators an effective and modular tool that enables them to better manage their industrial bioprocesses. In fact, SmartSoil™ allows for the real-time monitoring and control of environmental conditions within the bioreactors in order to optimize the bacterial processes that dictate performance and profitability.

INNOVATIVE TOOL

SMARTSOIL™: REAL-TIME MONITORING AND CONTROL OF INDUSTRIAL PROCESSES IN BIOREACTORS

HIGHLIGHTS

- **Technology**
  - Unique tool to monitor and control fluid flow
  - Generic tool with multiple environmental applications
  - Innovative and patented technological components
  - Modular and flexible installation
  - Real-time and external operations management
- **Environment**
  - Innovative concept of bidirectional aeration through forced convection
  - Uniform distribution of treatment fluids
  - Applicable to large volumes of heavy fractions of petroleum products (C_{10}-C_{50})
  - Enclosed bioreactor allowing for the reduction and subsequent elimination of contaminated effluents
- **Cost**
  - Minimization of operation costs
  - Maximization of internal rates of return in capital investments

Saint-Laurent Vision 2000

Environment Canada Protection Québec Region
Environnement Canada Protection Région du Québec

SmartSoil™ SOCONAG Inc.

Canada Economic Development / Développement économique Canada
National Research Council Canada / Conseil national de Recherches Canada

PROJECT OBJECTIVES

The project was intended to validate the fundamental concepts on which rests the SmartSoil™ technology for a first commercial application. Research and development were carried out in four phases.

Phase I
Verification of Smartsoil™'s ability to measure and control, in real-time, the gaseous and liquid flow within various porous matrices (ETV Program*).

Phase II
Development of the SmartSoil™ technology components (software and associated units).

Phase III
Experiments on components with small-scale bench tests.

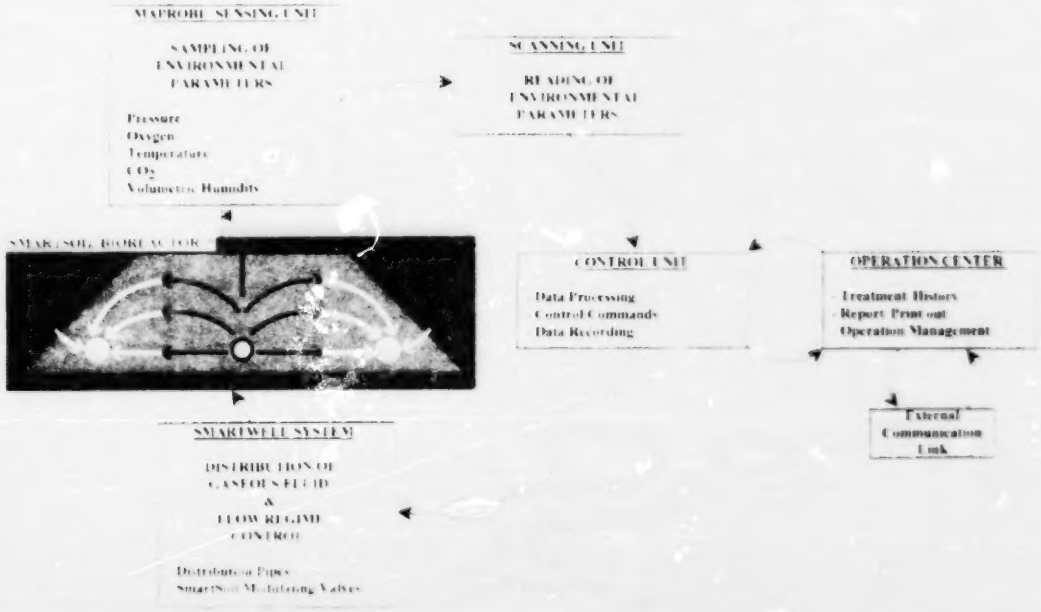
Phase IV
Large-scale field demonstrations.

* The Environmental Technology Verification (ETV) Program is designed to foster the growth and marketability of Canada's environment industry by providing validation and independent verification of performance claims.

BACKGROUND

TECHNOLOGY

SmartSoil – Bioprile



RESULTS

The SmartSoil™ Biopile bioreactor functions on the concept of bioventilation in confined reactors. It was developed using experimental bioreactors of four to 1000 metric tons in size.

PHASE I

Obtained EPA certification in June 1997 pertaining to SmartSoil™'s ability to precisely and accurately monitor and control on a real-time basis, the flow of steady and unsteady state treatment fluid injected or recovered in the porous matrix [illegible]

PHASE II

Finalized the modular components of the SmartSoil™ technology.

SmartSoil™ Bioreactors: Innovative bioreactor design with bidirectional forced convection (simultaneous injection and recovery).

Scanning Module: Real-time sampling and acquisition of environmental parameters.

Control Module: Preparation and interpretation of information using measurement and control algorithms of the SmartSoil™ operating software.

Modulation Valves: Real-time control of the flow rate of treatment fluids.

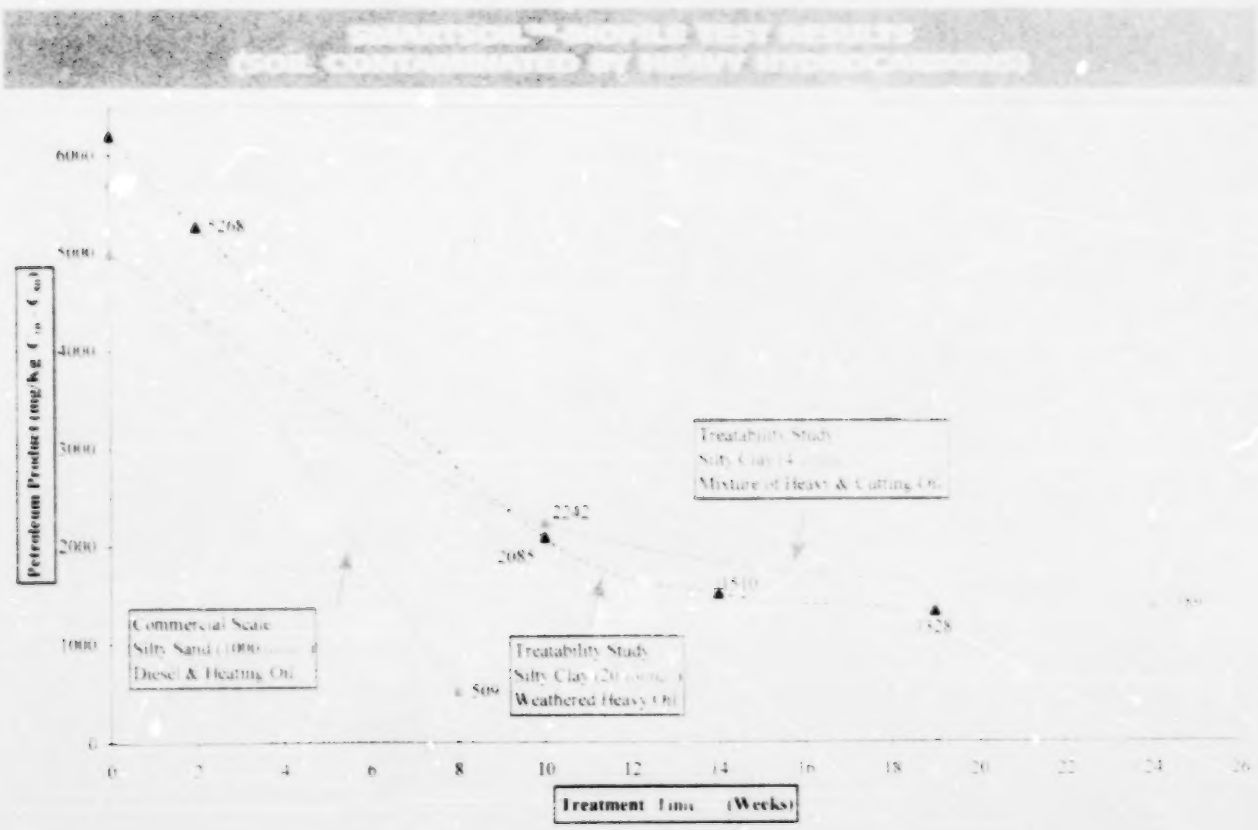
PHASE III

Validation of SmartSoil™'s ability to standardize and optimize [illegible] decontamination processes [illegible] sandy soil. During the test [illegible] ment, the SmartSoil™ operating software recorded more than 650,000 data pertaining to the treatment fluid and the [illegible] processes.

PHASE IV

After eight weeks of treatment, the heavy fraction of petroleum products (diesel and heating oil) of a 1000 tonne bioreactor made up of fine silty sand was reduced from 5670 ppm to 509 ppm.

Treatment operations were externally managed by the SmartSoil™ software.



BACKGROUND

Industrial processes in bioreactors must allow for the most efficient distribution of treatment fluids possible in order to optimize and standardize the biodegradation process.

Since the conventional application and operation of these bioprocesses is quite complex, operators often use digital models and/or empirical approaches to plan treatment and operation procedures.

This approach has drawbacks in that it reduces the efficiency and economic yield of the industrial processes. This occurs because the flow of treatment fluid within the porous medium is neglected to the detriment of random variations in more conventional physico-chemical parameters.

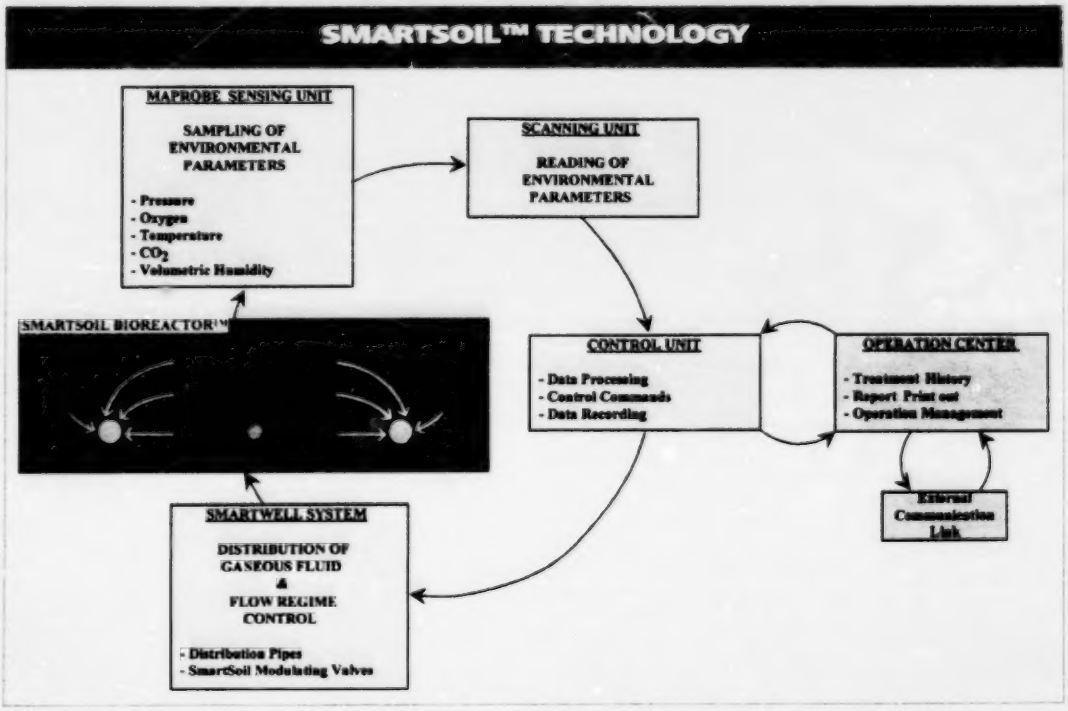
Platform operators must therefore proceed by trial and error to acquire the experience needed to operate their bioprocesses. As such, investment returns rest on empirical concepts incapable of guaranteeing the treatment performance of their bioreactors, especially if the properties of the porous matrices vary from site to site.

TECHNOLOGY

SmartSoil™-Biopile

SmartSoil™-Biopile bioreactors provide an array of unique technological innovations:

1. An innovative design in bioreactors
2. Sequential and bidirectional forced convection aeration
3. Real-time monitoring and control of the flow of treatment fluid within the bioreactor
4. Control and optimization of biological processes with the help of the SmartSoil™ software
5. External management of treatment operations.



RESULTS

The SmartSoil™-Biopile bioreactor functions on the concept of bioventilation in confined reactors. It was developed using experimental bioreactors of four to 1000 metric tons in size.

PHASE I
Obtained ETV certification in June 1997 pertaining to SmartSoil™'s ability to precisely and accurately* monitor and control on a real-time basis, the flow of steady- and unsteady-state treatment fluid injected or recovered in the porous matrix.

* at a 95% level of confidence

PHASE II
Finalized the modular components of the SmartSoil™ technology.

SmartSoil™ Bioreactors: Innovative bioreactor design with bidirectional forced convection (simultaneous injection and recovery).

Scanning Module :Real-time sampling and acquisition of environmental parameters.

Control Module: Digitization and interpretation of information using measurement and control algorithms of the SmartSoil™ operating software.

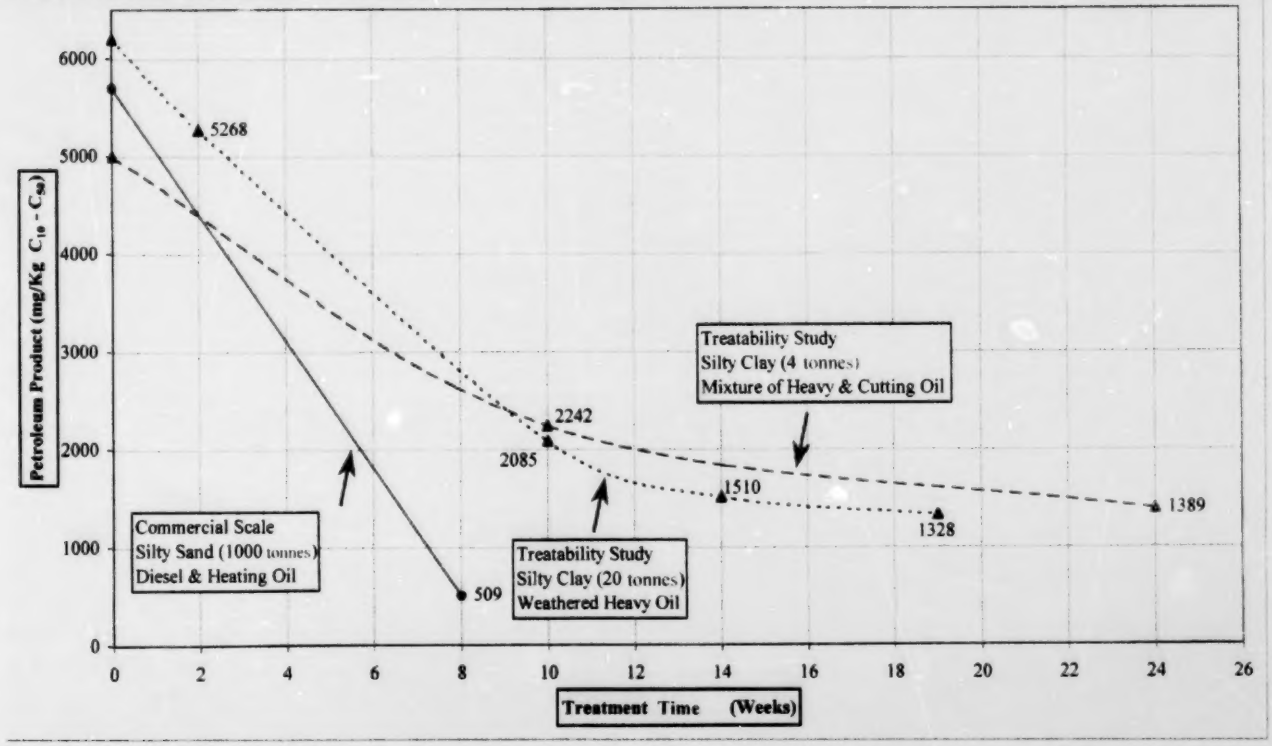
Modulation Valves: Real-time control of the flow rate of treatment fluids.

PHASE III
Validation of SmartSoil™'s ability to standardize and optimize biological decontamination processes in silty and sandy soil. During the last experiment, the SmartSoil™ operating software recorded more than 630 000 data pertaining to the treatment fluid and the biological processes.

PHASE IV
After eight weeks of treatment, the heavy fraction of petroleum products (diesel and heating oil) of a 1000-tonne bioreactor made up of fine silty sand was reduced from 5670 ppm to 509 ppm.

Treatment operations were externally managed by the SmartSoil™ software.

SMARTSOIL™-BIOPILE TEST RESULTS
(SOIL CONTAMINATED BY HEAVY HYDROCARBONS)



POTENTIAL AND LIMITATIONS

INFORMATION

St. Lawrence TECHNOLOGIES

St. Lawrence Technologies data sheets are intended for all companies, industries, organizations and individuals interested in new environmental technologies. They are produced by the Eco-Technology Innovation Section, Environment Canada, as part of St. Lawrence Vision 2000. They serve to disseminate the results of technology development and demonstration projects conducted in the following five sectors: industrial wastewater; contaminated soil; hazardous wastes; contaminated sediment and innovative tool.

Data sheets may be obtained from:
Environment Canada
Eco-Technology Innovation Section
105 McGill Street, 4th Floor
Montreal, Quebec H2Y 2E7
Tel: 1-800-463-4311

Publications are available on The Green Lane:
http://www.qc.ec.gc.ca/protect/english/eco_innov/eco_home.htm

Production:
Suzie Thibodeau

Writers:
Jean-René Michaud
Marc-Antoine Pelletier

Translator:
Jacinthe Brosseau

Layout and proofing:
Christine LePage
Suzie Thibodeau

Printed at:
Image Créative Inc.

Published by authority of the Minister of the Environment
© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2000
Cat. No.: En1-17/47-2000E
ISSN: 1188-8903
ISBN: 0-662-28728-2

May 2000

Cette fiche est également disponible en français sous le titre:
Smartsoil℠ mesure et contrôle en temps réel des procédés industriels en bioréacteurs

Canada

POTENTIAL AND LIMITATIONS

Potential

The measuring and controlling potential of the SmartSoil™ technology is generic and unique. Its commercial potential involves two business sectors:

Environment :
- Composting of residual matter and explosives
- Soil decontamination
- Biofiltration of gaseous effluents
- Biofiltration of waste water

Energy :
- Biogas (optimization of production and quality)
- Drying of waste generated by processing of forestry products
- Petroleum extraction

Limitations

The SmartSoil™ technology requires a homogeneous or heterogeneous porous matrix. The product standardizes and optimizes complex biological processes within the matrix.

Maximum return from a SmartSoil™ investment resides in treatment platforms with large production capacities.

The potential of the technology in the fields of biofiltration and energy is about to be demonstrated for large-scale applications.

INFORMATION

This data sheet was prepared based on the results of a technology development and demonstration project conducted by Expertises Environnementales Soconag Inc. The project was funded in part by Environment Canada, Canada Economic Development, and the National Research Council of Canada.

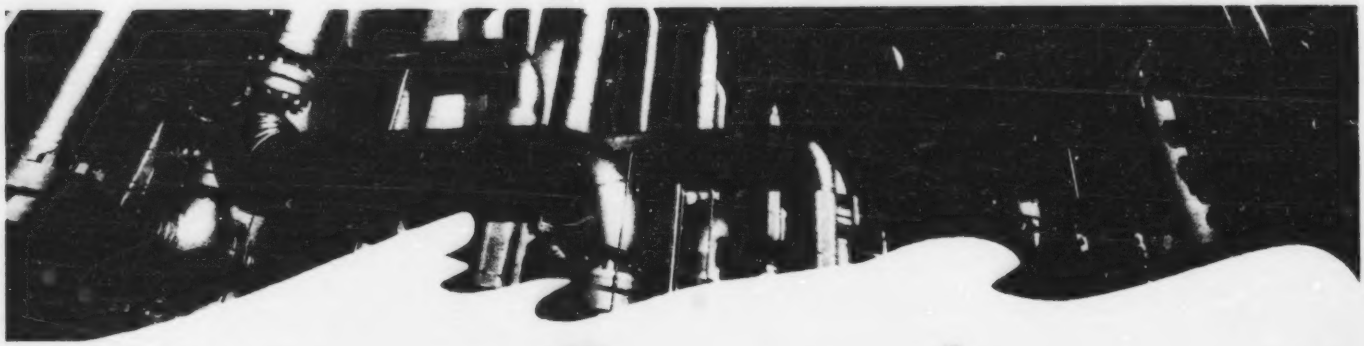
For further information, please contact:

Environment Canada
Eco-Technology Innovation

Jean-René Michaud, P. Eng., M.Sc.A.
Tel: 1-800-463-4311
E-mail:
jean-rene.michaud@ec.gc.ca

Soconag/SmartSoil™

Marc-Antoine Pelletier, P. Eng., M.Sc.
President
Tel: (514)846-0088
E-mail: map@smartsoil.com
Web Site:
www.smartsoil.com



TECHNOLOGIES *Saint-Laurent*

RÉSUMÉ

Au cours des dix dernières années, des sommes considérables ont été consacrées au développement de souches bactériennes et d'additifs nutritionnels spécialisés pour tenter d'améliorer les performances des procédés industriels en bioréacteurs. Toutefois, la rentabilité de ces bioréacteurs repose généralement sur des concepts empiriques d'opération et leur efficacité est difficile à prédire.

La technologie SmartSoil[MD] répond à cette problématique en offrant aux opérateurs de plateformes un outil performant et modulaire qui leur permet de mieux gérer leurs bioprocédés industriels. La technologie SmartSoil[MD] permet en effet de mesurer et de contrôler, en temps réel, les conditions environnementales de ces bioréacteurs afin d'optimiser les processus biologiques qui dictent leur performance et leur rentabilité.

OUTIL NOVATEUR

SMARTSOIL[MD]

MESURE ET CONTRÔLE EN TEMPS RÉEL DES PROCÉDÉS INDUSTRIELS EN BIORÉACTEURS

POINTS SAILLANTS

- **Technologie**
  - Outil de mesure et de contrôle de l'écoulement des fluides unique au monde
  - Outil générique à multiples applications environnementales
  - Composantes technologiques innovatrices et brevetées
  - Installation modulaire et souple
  - Gestion des opérations en temps réel et à distance
- **Environnement**
  - Concept novateur d'aération bidirectionnel par convection forcée
  - Distribution uniforme des fluides de traitement
  - Applicable à de gros volumes de fractions lourdes de produits pétroliers (C_{10}-C_{50})
  - Bioréacteur confiné permettant la réduction et l'élimination subséquentes des effluents contaminés
- **Économie**
  - Coûts d'opération minimisés
  - Maximisation du taux de rendement interne des investissements en immobilisation

Saint-Laurent Vision 2000

Environnement Canada Protection Région du Québec

Environment Canada Protection Québec Region

SmartSoil™ SOCONAG Inc.

CANADA VERIFIED VÉRIFIÉ

Développement économique Canada

Canada Economic Development

Conseil national de Recherches Canada

National Research Council Canada

OBJECTIFS DU PROJET

Le projet visait à démontrer la validité des concepts fondamentaux sur lesquels s'appuie la technologie SmartSoil[MD] pour une première application commerciale. Les travaux de recherche et de développement comprenaient quatre phases de réalisation :

PHASE I
Vérification des capacités de la technologie SmartSoil[MD] de mesurer et de contrôler, en temps réel, les régimes d'écoulement d'un fluide gazeux ou liquide à l'intérieur de différentes matrices poreuses (Programme VTE*).

PHASE II
Développement des composantes de la technologie SmartSoil[MD] (logiciel et unités périphériques).

PHASE III
Expérimentations des composantes à petite échelle.

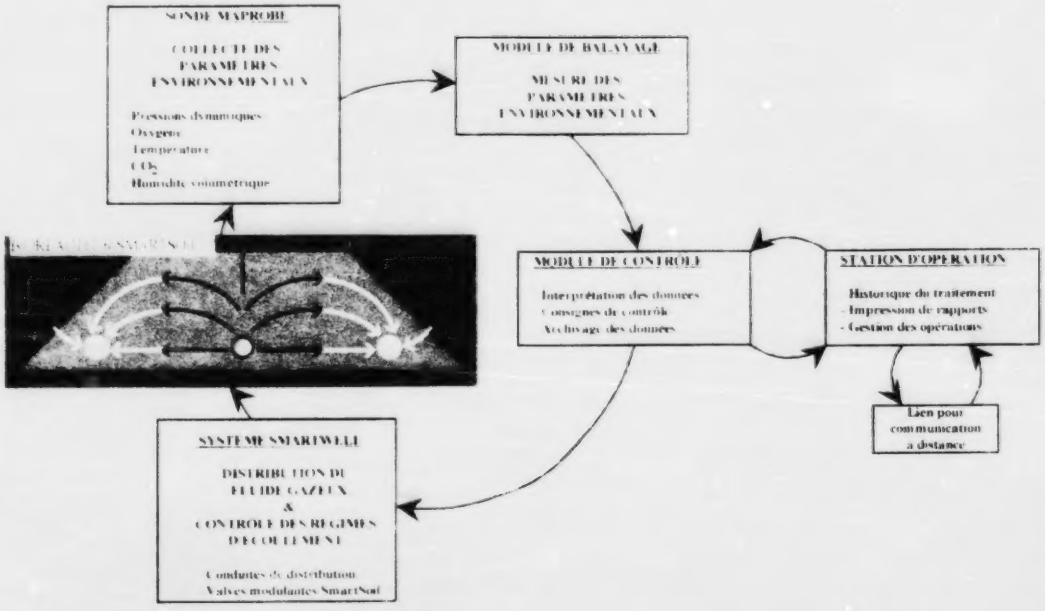
PHASE IV
Démonstrations à grande échelle en conditions de terrain.

* Le programme de vérification de technologie environnementale (VTE) a pour objectif d'appuyer l'industrie canadienne de l'environnement en offrant une vérification indépendante et crédible des revendications de performance de technologies environnementales.

PROBLÉMATIQUE

TECHNOLOGIE

SmartSoil — Biopile



RÉSULTATS

Le fonctionnement du bioréacteur SmartSoil[MD]-Biopile fait appel au concept de la bioventilation en réacteurs confinés. Son développement a été réalisé avec des bioréacteurs expérimentaux de 4 à 1000 tonnes.

PHASE I

Obtention de la certification VTE en juin 1997 relativement à la capacité de la technologie SmartSoil[MD] de réaliser, avec une justesse et une précision* sans précédent, le suivi et le contrôle, en temps réel, des écoulements permanents ou transitoires d'un fluide de traitement injecté ou récupéré à l'intérieur d'une matrice poreuse.

* Seuil de confiance à 95 %

PHASE II

Mise au point des composantes modulaires de la technologie SmartSoil[MD] :

Bioréacteur SmartSoil[MD] **:** Concept novateur d'un bioréacteur permettant la convection forcée bidirectionnelle (injection et récupération simultanées)

Module de balayage **:** Prélèvement et acquisition en temps réel des paramètres environnementaux

Module de contrôle **:** Numérisation et interprétation de l'information à l'aide des algorithmes de mesure et de contrôle du logiciel d'exploitation SmartSoil[MD].

Valves modulantes **:** Contrôle en temps réel des régimes et débits d'écoulement des fluides de traitement.

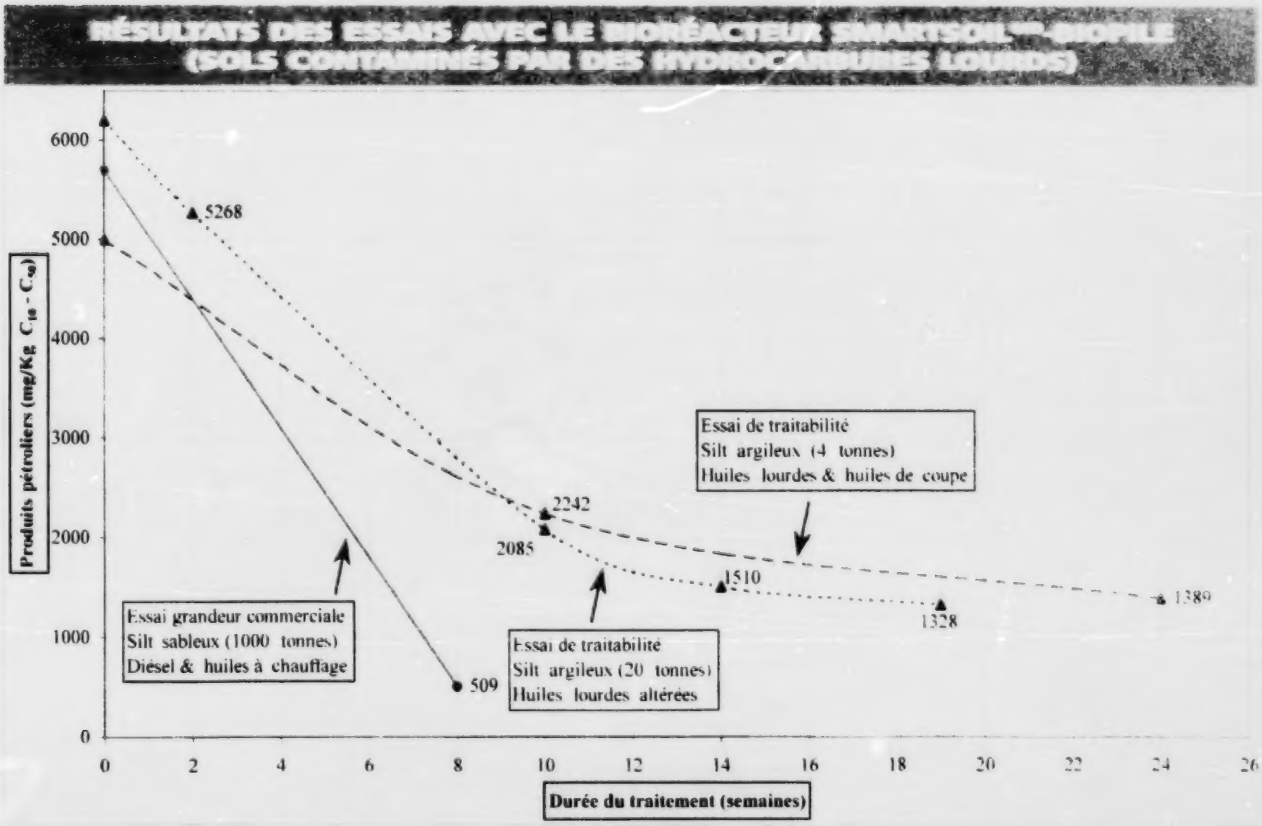
PHASE III

Validation des capacités de la technologie SmartSoil[MD] d'uniformiser et d'optimiser les procédés biologiques de décontamination à l'intérieur de sols silteux et sablonneux. Au cours de la dernière expérimentation, le logiciel d'exploitation SmartSoil[MD] a enregistré plus de 650 000 données reliées aux régimes d'écoulement des fluides de traitement et au procédé biologique.

PHASE IV

En huit semaines de traitement, la teneur en produits pétroliers lourds (diesel et huile à chauffage) d'un bioréacteur de 1000 tonnes composé de sable fin silteux a été réduite de 5670 ppm à 509 ppm.

Les opérations de traitement étaient gérées à distance par le logiciel d'exploitation SmartSoil[MD].



PROBLÉMATIQUE

Les procédés industriels appliqués en bioréacteurs doivent assurer la distribution la plus efficace possible des fluides de traitement afin d'optimiser et d'uniformiser le processus de biodégradation.

L'application et l'opération conventionnelles de ces bioprocédés étant complexe, il est courant que les opérateurs utilisent des modèles numériques et (ou) des approches empiriques pour planifier les procédures d'opérations et de traitement.

Cette approche a le désavantage de réduire l'efficacité et le rendement économique des bioprocédés industriels. Cette situation s'explique du fait que les régimes d'écoulement à l'intérieur du milieu poreux sont négligés au détriment des variations aléatoires de paramètres physico-chimiques plus conventionnels.

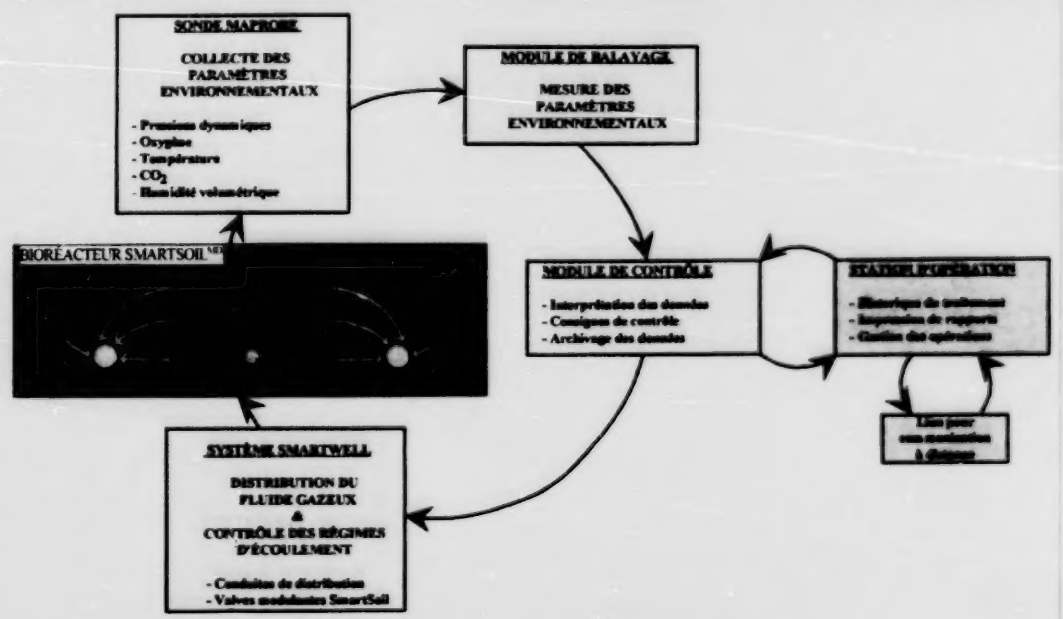
Les opérateurs de plateformes doivent donc procéder par tâtonnement afin d'acquérir l'expérience nécessaire pour opérer leur bioprocédé. La rentabilité de leurs investissements repose donc sur des concepts empiriques incapables de garantir les performances de traitement de leur bioréacteur, en particulier si les propriétés des matrices poreuses à traiter varient d'un endroit à l'autre.

TECHNOLOGIE

SmartSoil[MD]-Biopile
Les bioréacteurs SmartSoil[MD]-Biopile regroupent un ensemble unique au monde d'innovations technologiques :

1. Un bioréacteur au concept novateur
2. Aération à convection forcée bidirectionnelle et séquentielle
3. Mesures et contrôles en temps réel des régimes d'écoulement des fluides de traitement à l'intérieur du bioréacteur
4. Contrôle et optimisation des processus biologiques à l'aide du logiciel SmartSoil[MD]
5. Gestion à distance des opérations de traitement

TECHNOLOGIE SMARTSOIL[MD]



RÉSULTATS

Le fonctionnement du bioréacteur SmartSoil[MD]-Biopile fait appel au concept de la bioventilation en réacteurs confinés. Son développement a été réalisé avec des bioréacteurs expérimentaux de 4 à 1000 tonnes.

PHASE I
Obtention de la certification VTE en juin 1997 relativement à la capacité de la technologie SmartSoil[MD] de réaliser, avec une justesse et une précision* sans précédent, le suivi et le contrôle, en temps réel, des écoulements permanents ou transitoires d'un fluide de traitement injecté ou récupéré à l'intérieur d'une matrice poreuse.

* Seuil de confiance à 95 %.

PHASE II
Mise au point des composantes modulaires de la technologie SmartSoil[MD] :

Bioréacteur SmartSoil[MD] : Concept novateur d'un bioréacteur permettant la convection forcée bidirectionnelle (injection et récupération simultanées).

Module de balayage : Prélèvement et acquisition en temps réel des paramètres environnementaux.

Module de contrôle : Numérisation et interprétation de l'information à l'aide des algorithmes de mesure et de contrôle du logiciel d'exploitation SmartSoil[MD].

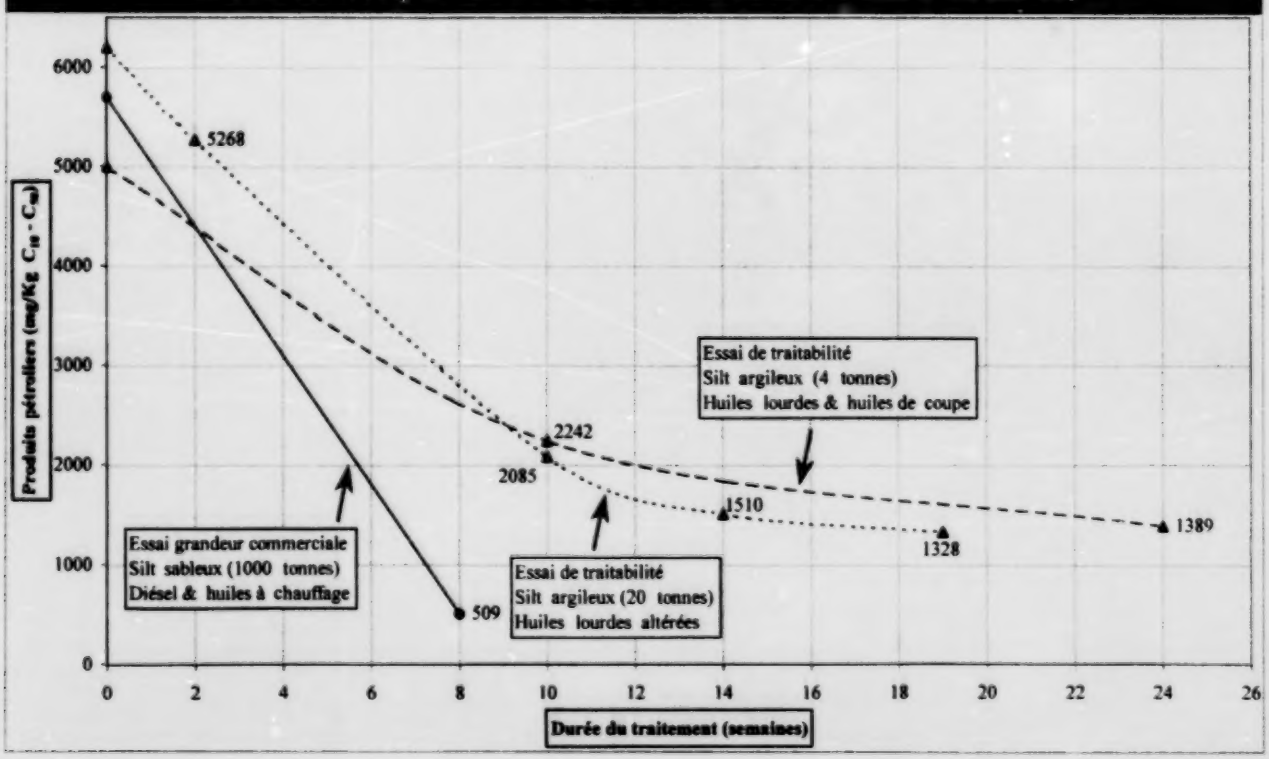
Valves modulantes : Contrôle en temps réel des régimes et débits d'écoulement des fluides de traitement.

PHASE III
Validation des capacités de la technologie SmartSoil[MD] d'uniformiser et d'optimiser les procédés biologiques de décontamination à l'intérieur de sols silteux et sablonneux. Au cours de la dernière expérimentation, le logiciel d'exploitation SmartSoil[MD] a enregistré plus de 630 000 données reliées aux régimes d'écoulement des fluides de traitement et au procédé biologique.

PHASE IV
En huit semaines de traitement, la teneur en produits pétroliers lourds (diesel et huile à chauffage) d'un bioréacteur de 1000 tonnes composé de sable fin silteux a été réduite de 5670 ppm à 509 ppm.

Les opérations de traitement étaient gérées à distance par le logiciel d'exploitation SmartSoil[MD].

RÉSULTATS DES ESSAIS AVEC LE BIORÉACTEUR SMARTSOIL[MD]-BIOPILE (SOLS CONTAMINÉS PAR DES HYDROCARBURES LOURDS)



POTENTIEL ET LIMITES

INFORMATIONS

TECHNOLOGIES *Saint-Laurent*

Les fiches d'information Technologies Saint-Laurent sont destinées aux entreprises, industries, organismes et personnes qui s'intéressent aux nouvelles technologies environnementales. Elles sont produites par la Section Éco-innovation technologique, Environnement Canada, dans le cadre de Saint-Laurent Vision 2000. Elles servent à diffuser les résultats obtenus lors des projets de développement et de démonstration technologiques réalisés dans les cinq secteurs suivants : eaux usées industrielles, sols contaminés, déchets dangereux, sédiments contaminés et outil novateur.

Vous pouvez obtenir les fiches en vous adressant à :
Environnement Canada
Section Éco-innovation technologique
105, rue McGill, 4e étage
Montréal (Québec) H2Y 2E7
Tél. : 1-800-463-4311

Publications disponibles sur La Voie verte :
http://www.qc.ec.gc.ca/protect/francais/eco_innovation/eco_pub_technologies.htm

Production :
Suzie Thibodeau

Rédaction :
Jean-René Michaud
Marc-Antoine Pelletier

Révision du texte :
Monique Simond

Mise en page et correction d'épreuve :
Christine LePage
Suzie Thibodeau

Impression :
Image Créative inc.

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2000
N° de cat. : En1-17/47-2000F
ISSN : 1188-7990
ISBN : 0-662-84500-5

Mai 2000

Also available in English under the title :
Smartsoil™: Real-time Monitoring and Control of Industrial Processes in Bioreactors

Canada

POTENTIEL ET LIMITES

Potentiel

Le potentiel de mesure et de contrôle de la technologie SmartSoil[MD] est générique et unique au monde. Le potentiel commercial de la technologie SmartSoil[MD] vise deux secteurs d'affaires :

Environnement :

- Compostage des matières résiduelles et des explosifs
- Décontamination des sols
- Biofiltration des effluents gazeux
- Biofiltration des eaux usées

Énergie :

- Biogaz (optimisation de la production et de la qualité)
- Séchage des résidus de transformation de la biomasse forestière
- Extraction pétrolière

Limites

La technologie SmartSoil[MD] nécessite une matrice poreuse homogène ou hétérogène. Le produit uniformise et optimise les procédés biologiques complexes dans l'ensemble de la matrice. La rentabilité maximale d'un investissement SmartSoil[MD] réside dans des plateformes de traitement avec une grande capacité de production.

Le potentiel de la technologie dans les domaines de la biofiltration et de l'énergie est en voie d'être démontré pour des applications à grande échelle.

INFORMATIONS

Cette fiche a été rédigée à partir des résultats d'un projet de développement et de démonstration technologique réalisé par les Expertises Environnementales Soconag inc. Ce projet a été financé en partie par Environnement Canada, Développement économique Canada et le Conseil national de recherche du Canada.

Pour de plus amples renseignements, s'adresser à :

Environnement Canada
Section Éco-innovation technologique

Jean-René Michaud, ing., M.Sc.A.
Tél. : 1-800-463-4311
Courrier électronique :
jean-rene.michaud@ec.gc.ca

Soconag/Smartsoil[MD]

Marc-Antoine Pelletier, ing., M.Sc.
Président
Tél. : (514) 846-0088
Courrier électronique :
map@smartsoil.com
Site Internet :
www.smartsoil.com